



Høgskolen i **Hedmark**

Campus Evenstad
Skog og utmarksfag

Max E. Waalberg

Finnes det ulike morfer av røye
(*Salvelinus alpinus* L.) i
Finsevatnet?

Tredje år utmarksforvaltning ved Evenstad
Bacheloroppgave
2012-13

Samtykker til utlån i biblioteket

Samtykker til tilgjengeliggjøring i digitalt arkiv Brage

☒ Ja

☒ Ja

☐ Nei

☐ Nei

Sammendrag

I min oppgave undersøkte jeg om det eksisterer ulike morfer av røya i Finsevatnet, Ulvik kommune. Målet var å vurdere om røya i Finsevatnet bør forvaltes som en eller flere morfologiske enheter. Oppgaven bygger på et datamateriale fra røye som ble samlet inn sommeren 2012. Metoden bestod av et prøvefiske, for deretter å analysere formen på fisken ved bruk av geometriske landemerker. Totalt ble det fanget 424 røyer, der 420 ble brukt for å analysere kroppsform. Jeg brukte følgende parametre for å forklare variasjon i kroppsform: innsjøhabitat (fanget i littoralen, pelagialen og profundalen), kjønnsmodning (umoden/moden), kjønn (hann/hunn), lengde og innsjøbasseng (røye fanget vestre/østre basseng). Jeg fant ut at røyas kroppsform i Finsevatnet var variabel. Imidlertid forklarte de undersøkte parameterne lite av variasjonen i kroppsform. Jeg konkluderer derfor med at det kun finnes en morf av røya i Finsevatnet basert på kroppsform. Derfor mener jeg at det ikke bør lages en egen forvaltningsplan for røya i Finsevatnet. Imidlertid bør man undersøke videre hvilke parameter som kan forklare variasjonen i kroppsform hos røya i Finsevatnet.

Abstract

In my thesis, I examined whether there are different morphs of Arctic charr in Finsevatnet, Ulvik Municipality. The aim was to assess whether the char in Finsevatnet should be managed as one or more morphological units. The study is based on a dataset of charr that were collected in summer 2012. The method consisted of test fishing, and an to analysis of the shape of the fish using geometric landmarks. A total of 424 char was sample, where 420 were used to analyse body shape. I used the following parameters to explain variation in body shape: lake habitat (caught in the littoral, pelagic and profundal), sexual maturation (immature / mature), sex (male / female), length and lake basin (charr caught western / eastern basin). I found the body shape of the Arctic charr was variable in Lake Finsevatnet. However, the analysed parameters explained little of the variation in body shape. I therefore conclude that there is only one morph of Arctic charr in Lake Finsevatnet based on body shape. Thus, I recommend that there should not be created a separate management plan for Arctic char in Lake Finsevatnet. However, one should investigate further what parameters that can explain variation in body shape in the Arctic charr in Lake Finsevatnet.

Forord

I denne oppgaven har jeg samarbeidet med Karl C. Langevoll. Der han har sett på røyebestanden, livshistorien og habitatbruken i Finsevatnet og jeg har tatt for meg morfologien til røya. Bacheloroppgavene våre er et forprosjekt til et større prosjekt.

Jeg vil rette en stor takk til Karl C. Langevoll, som har bidratt med en enestående arbeidsinnsats under hele prosjektet. En stor takk til min veileder Professor Kjartan Østbye, som har vært enestående under hele prosessen med planlegging, organisering, gjennomføring av feltarbeidet og med god hjelp på skrivingen. Han har vært tilgjengelig med sin enorme kunnskap, til alle tidspunkter. Jeg vil takke Kjell Langdal for sine faglige råd. Jeg vil også takke Marius Hassve som har stilt opp og bidratt med god hjelp under hele prosessen. Høgskolen i Hedmark avd. Evenstad har utrolig dyktige fagfolk når det gjelder fisk. Dette skyldes at de har folk som Professor Kjartan Østbye, Kjell Langdal og Marius Hassve.

Jeg vil takke Universitetet i Oslo for at vi fikk oppholde oss på Finseforskningsstasjon under feltperioden. Stasjonen var meget flott og vi storkoste oss under oppholdet. Anbefaler de som får muligheten til å besøke Finseforskningsstasjon, til å gjøre det.

Jeg vil også takke Professor Rune Knudsen for lån av garn og råd angående plassering av landemerker.

Til sist vil jeg takke Statens kartverk for at de ga meg tilgang på kartene jeg trengte.

Evenstad, mai 2013

Max E. Waalberg

Innhold

| | |
|--|-----------|
| Sammendrag..... | 2 |
| Abstract..... | 3 |
| Forord | 4 |
| 1. Innledning..... | 6 |
| 2. Materiale og metoder..... | 10 |
| 2.1 Studieområde..... | 10 |
| 2.2 Feltperiode..... | 11 |
| 2.3 Utførsel av prøvafiske | 11 |
| 2.4 Behandling av fisken i felt..... | 13 |
| 2.5 Fotografering av røye for analyse av individuell form..... | 14 |
| 2.6 Behandling av bilder- digitalisering av fiskens form | 14 |
| 2.7 Statistiske analyser | 16 |
| 3. Resultater..... | 16 |
| 3.1 Vekt og lengde..... | 17 |
| 3.2 Variasjon i kroppsform..... | 18 |
| 4. Diskusjon | 21 |
| 4.1 Er det mulig å statistisk teste og kategorisere røya i Finsevatn ved hjelp av fiskens form? | 21 |
| 4.2 Vil fiskens form være forskjellig basert på hvilket habitat den er fanget i (pelagialen, profundalen, littoralen)? | 21 |
| 4.3 Er fiskens lengde og kjønnsmodning med på å forklare variasjon i form?..... | 22 |
| 4.4 Vil det være variasjon i form mellom hann og- hunfisken?..... | 22 |
| 4.5 Er det forskjell i røyas form i de to hovedbassengene som utgjør Finsevatn?..... | 22 |
| 4.6 Alternative metoder for å undersøke morfologi | 23 |
| 4.7 Metodiske betraktninger – feilkilder og usikkerhet | 24 |
| 4.8 Forvaltningsmessig vurderinger..... | 25 |
| 5. Referanser..... | 26 |
| Vedlegg..... | 30 |
| Vedlegg 1. | 30 |
| Vedlegg 2. | 32 |
| Vedlegg 3. | 34 |
| Vedlegg 4. | 35 |
| Vedlegg 5. | 36 |

1. Innledning

Røya (*Salvelinus alpinus*) tilhører laksefamilien og har en holarktisk utbredelse der den finnes på de fleste kontinenter rundt Nordpolen (Andreassen, 2001). Dette er den fiskearten som er registrert lengst nord, og den mest kaldvannstolerante ferskvannsfiskearten vi har (Andreassen, 2001). Røya blir ofte sett på som en arktisk fiskeart selv om den finnes helt ned til den sentral-Europeiske alperegionen (Andreassen, 2001; Maruszczak *et al.* 2011). En meget stor diversitet i livshistoriestrategier finnes både innen og mellom røyepopulasjoner der for eksempel røya kan forekomme som en sammensatt populasjon av sjørøye og ferskvannsrøye i Norge (Andreassen, 2001).

Utseendemessig er det ofte stor forskjell på røya fra vann til vann samt innad i vann (Andreassen, 2011; Klemetsen, 2010; Kotelatt & Freyhof, 2007). Røya, er en av de fiskeartene som opptrer i flest ulike morfologiske former og med varierende økologi, innen og mellom vann (Klemetsen *et al.* 2003). For folk flest er røye mest kjent for å ha skinnende rød buk, hvitkantede bryst- og bukfinner med et mørkt ryggparti. Dette er veldig vanlig for gytemodne hanner. Røya finnes også i andre fargevarianter som sølv-blank, helt mørk, med gul/mørk oransje skjær, samt at den også kan ha antydning til prikker. Parr-merker er mest utbredt blant umoden fisk, men kan også observeres på kjønnsmoden fisk (Borgstrøm & Hansen, 2000; Snorrason *et al.* 1994; egne observasjoner). Vanlig størrelse på kjønnsmoden røye ligger rundt 0.1 til 0.5 kg, men i store vann som for eksempel Randsfjorden og Tinnsjøen, med egne dypvannsmorfer, forekommer større individer, i sistnevnte vann opptil 4-6 kg (Flå, 1993, s. 13, sitat fra Knut Strand). Den store variasjonen i røyas kroppsstørrelse, form og farge skyldes sannsynligvis evnene til å tilpasse seg livsmiljøet, dette er en fleksibilitet som tilsynelatende henger sammen med variasjonen i livsbetingelser (Andreassen, 2001).

Forskning på morfologiske ulikheter innenfor samme arter har i de seinere årene blitt stadig mer populært (Arbour, Hardie, Hutchings, 2011; Klemetsen, 2010; Skulason & Smith, 1995). Morfologi bygger på læren om ulike former, der man har funnet ut at individer av samme art kan ha ulike former, noe som kan vise seg i hodestrukturer, plassering av kroppsdelar, og fiskens form basert på landemerker (Michaud, Power & Kinnison, 2008; Snorrason *et al.* 1994). Innen vann er det registrert fra en til fire ulike røyemorfer (dvs. ulike basert på utseende og/eller livshistorie)(Kapralova et al 2011;

Sandlund *et al.* 1992). Generelt kan en innsjø deles i 3 hoved habitater: littoralen (grunt og nært land, der det er god tilgang på lys), pelagialen (de åpne vannmasser langt fra land, der lysmengden varierer avhengig av siktedyp og dyp), og profundalen (bunn langt fra land, lite eller ingen tilgang på lys)(Langeland, L'Abée-Lund, Jonsson & Jonsson, 1991; Sandlund *et al.* 1992; Moe, 2011). I Thingvallavatn på Island forekommer det 4 ulike røye morfer, som benytter seg av de ulike habitatene; liten bentivor (dvs. som spiser bentiske byttedyr som marflo og skjoldkreps på bunnen og nært land), stor bentivor (dvs. spiser det samme som liten bentivor, men lever også av større insekter og stingsild), planktivor (dvs. som spiser planktoniske byttedyr som *Daphnia* i de åpne vannmasser) og piscivor (dvs. som har en utpreget fiskediett)(Sandlund *et al.* 1992).

I vann med dårlig næringstilgang er det ofte vanlig å finne normalrøye og dvergrøye. Normalrøya tar i bruk de næringsrike områdene i innsjøen, mens dvergrøya har en livshistoriestrategi som er mer tilpasset den suboptimale profundalsonen (Sægrov, 2000). Undersøkelser viser ofte at de minste lengdegruppene av røye benytter seg av profundale næringsemner, og at de ved økende kroppslengde går over til pelagiske næringsemner (ontogenetisk nisjeskifte)(Jansen, Finstad & Langeland , 2002; Moe, 2011). Slike ontogenetisk nisjeskifter henger sterkt sammen med at ressursnisjen og predasjonsrisikoen generelt er relatert til størrelsen på fisken (Werner & Hall, 1988). De røyene som kommer opp på et visst størrelsesnivå vil kunne endre sin diett til å spise fisk (Amundsen, 1994). Dietten til røya varierer derfor basert på hvilket livshistoriestadium den befinner seg i, hvilket habitat den prefererer, samt intraspesifikk og interspesifikk konkurranse (Moe, 2011). Normalt er røya en næringsgeneralist (dvs. altspisende), men undersøkelser har vist at den kan være spesialisert på en type føde ved konkurranse fra andre arter (Knudsen, Klemetsen & Staldvik, 1996). Undersøkelser tyder på at graden av individuell spesialisering ofte henger sammen med bestandstetthet, og er mest utpreget ved høy tetthet (Holbrook & Schmitt, 1992).

Det ser ut som om utseende og livshistorien til røya er avhengig av en rekke faktorer. Disse komplekse forholdene har tradisjonelt ført til stor taxonomisk forvirring når man har satt binominale navn (slekt og art; som for eksempel *Salvelinus alpinus*) på ulike røye populasjoner og morfologiske varianter (Klemetsen, 2010; Reist, Power & Dempson, 2013). Kotelatt & Freyhof (2007) har foreslått at det har eksistert

tilsammen 35 røye-arter i Europa, og at fire av disse forekommer i Norge. Grunnlaget for deres påstand bygger på morfologi og tilsynelatende ”gode øyer” (Kotelatt & Freyhof, 2007). Her kan nok også fenotypisk plastisitet (dvs. at en genotype vil ha ulikt utseende i ulike miljøer; noe som tilsier at miljøet former utseende) være en viktig komponent (Klemetsen *et al.* 2003), noe som er helt utelatt i betraktningene til Kotelatt & Freyhof (2007). Forfatterne inndeling i røye-arter er basert på relativt enkle morfologiske trekk, noe som har skapt debatt siden det er mange andre faktorer som bør være i betraktningen med når det gjelder å vurdere hva som er en art. De tar heller ikke hensyn til genetisk divergens eller reproduktiv isolasjon. Det finnes flere definisjoner på hva en art er, en av disse bygger på forplantningsmuligheten med produksjon av fruktbart avkom (noe som kalles det biologiske artsbegrepet) (Mayr, 1963). Genetiske studier viser i alle fall at røye er røye uansett hvordan den ser ut og hvilken livshistorie den velger (Andreassen, 2011), noe som sannsynliggjør at morfer kun er populasjoner under artsnivået røye. I Norge er vi klar over at det finnes ulike røymorfer innen og mellom vann, men forvaltningen forvalter kun røya på artsnivå. Slikt sett så mangler det en operativ vurdering av røymorfer og røypopulasjoner innen forvaltningsapparatet. Det er derfor viktig å utføre studier for å kartlegge variasjon til bruk i spesifikke forvaltningsplaner med hensyn på røymorfer og/eller røye som art.

Røye har blitt satt ut i mange vann i Norge gjennom tidene (Huitfeldt-Kaas, 1928). For ca. 100 år siden ble det sluppet røye i Finsevatnet (Jensen & Aass, 1965). Røya som ble satt ut i Finsevatnet kom opprinnelig fra Tinnsjøen og var av normalmorfen da kun denne morfen ble tatt inn i oppdrettsanlegget ved Tinnsjøen (pers. med Kjartan Østbye). Hvis vi antar 5 års generasjonstid så har røya vært ca. 20 generasjoner i det nye miljøet, med et potensielt endret seleksjonsregime, i Finsevatnet. Det er derfor interessant å undersøke om røya i Finsevatnet har utviklet seg morfologisk på grunn av ulik nisjepreferanse i løpet av denne tiden. Tinnsjøen og Finsevatnet skiller seg sterkt i temperatur og næringstilbud, der Finsevatnet er kaldere og mer næringsfattig.

I dette studiet undersøkte jeg om det eksisterer ulike morfer av røye i Finsevatn ved bruk av geometriske landemerker (dvs. et sett av punkter på et bilde av fisken for å beregne fiskens geometriske form). Målet var å vurdere om røya i Finsevatn bør forvaltes som en eller flere morfologiske enheter. Dette ble gjennomført ved å fiske i

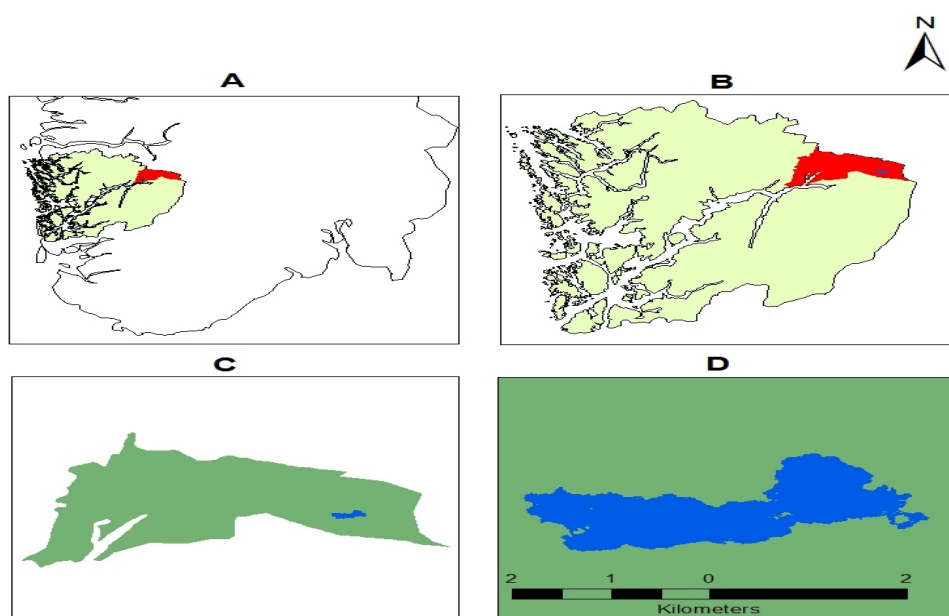
littoralen, pelagialen og profundalen i de to innsjøbassengene i Finsevatn. I tillegg ble det undersøkt om parameterne lengde, kjønn og kjønnsmodning kunne forklare variasjonen i fiskens form. Jeg har følgende problemstillinger/hypoteser/prediksjoner:

1. *Er det mulig å statistisk teste og kategorisere røya i Finsevatn ved hjelp av fiskens form?* Jeg forventer at det vil være mulig å kategorisere røya ved hjelp av morfologiske trekk, da dette har blitt gjort i tidligere studier i andre vann (Knudsen *et al.* 2006; Kotelatt & Freyhof, 2007).
2. *Vil fiskens form være forskjellig basert på hvilket habitat den er fanget i (pelagialen, profundalen, littoralen)?* Jeg forventer at fiskens form vil være forskjellig, da tidligere studier i andre vann viser dette (Skulason & Smith, 1995; Sandlund *et al.* 1992; Kotelatt & Freyhof, 2007).
3. *Er fiskens lengde og kjønnsmodning med på å forklare variasjon i form?* Jeg forventer at lengde og kjønnsmodning kan være med å forklare variasjonen i røyas kroppsform i Finsevatnet da tidligere studier gjort på røya fra Thingvallavatn viser at ulike morfer kan bli kjønnsmodne ved ulike lengder (Sandlund *et al.* 1992).
4. *Vil det være variasjon i form mellom hann og hunnfisken?* Jeg forventer at formen vil være forskjellig mellom kjønnene, da kjønnsdimorfisme er vanlig blant røye i andre vann (Janhunnen, Peuhkuri & Piironen, 2008).
5. *Er det forskjell i røyas form i de to hovedbassengene som utgjør Finsevatn?* Jeg forventer at det er forskjell i formen mellom de to bassengene siden de lever i ulike/uavhengige miljøer (jeg antar genflyt mellom bassengene), og da det er vanlig å finne ulike morfer i ulike vann (Kotelatt & Freyhof, 2007).

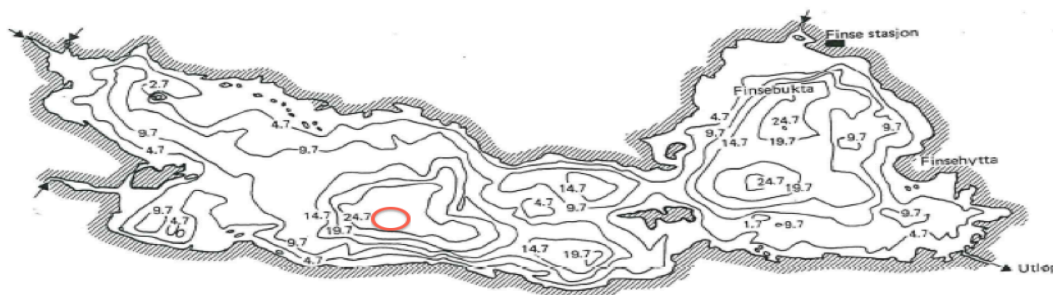
2. Materiale og metoder

2.1 Studieområde

Finsevatnet ligger i Ulvik kommune i Hordaland fylke på Hardangervidda (Figur 1), like ved Finse togstasjon ($60^{\circ} 36' N - 7^{\circ} 30' E$)(Figur 1). Geologien i området består av gneis og granitt (Høiland, Schumacher, Steen, Sømme, Vøllestad, Wielgolaski, Østbye, 2005). Finsevatnets areal er på ca. 3 km^2 , og har en beliggenhet på 1214 meter over havet (Jensen & Aass, 1965). Vannet er en oligotrof (næringsfattig) innsjø, med et arktisk preg (NIVA, 2008). Lufttemperaturen i området er sjeldent over $10^{\circ} C$, og den isfrie perioden varer bare 3-4 måneder (Jensen & Aass, 1965). Finsevatnet er til dels påvirket av breslam som stammer fra isbreen Hardangerjøkulen, noe som kan bidra til å hemme primærproduksjonen i vannet (Jensen & Aass, 1965). Finsevatnet ble regulert i 1977 (Drageset, 2001) og vannmengden kan variere opptil 3 meter (Jensen & Aass, 1965). Det dypeste punktet som er dokumentert, ligger på 24,7 meter (Figur 2). Under befaring av sjøen brukte vi en elektronisk dybdemåler (Hondex ps- 7), og målte dybder ned mot 32 meter. Siktedybden (Secchi-disk) ble målt på forskjellige steder i Finsevatnet og hadde et gjennomsnitt på ca. 6 meters siktedybde.



Figur 1. Kart tilsendt fra Statens kartverk, bearbeidet i ArcMap 10: (A) Hordaland fylke, (B) Ulvik kommune med Finsevatnet (blå), (C) Ulvik kommune med Finsevatnet og (D) Finsevatnet.



Figur 2. Dybdekart over Finsevatnet med piler som forklarer innløp og utløp (NIVA, 2008). Rød sirkel markerer hvor vi målte maks dybde på 32 meter.

2.2 Feltperiode

Under feltperioden brukte vi Finse forskningsstasjon som base (eid av universitet i Oslo). Prøvefisket i Finsevatnet ble gjennomført 08.- 12, august 2012. I feltperioden varierte overflatetemperaturen i de to bassengene mellom 4 og 5°C (målt i hvert basseng for hver natt det ble fisket).

2.3 Utførsel av prøvefiske

Vi brukte en Zodiac båt med en 4.0 Hk påhengsmotor. Vi benyttet oss av garn under prøvefisket. Vi brukte ulike garn typer for å dekke de ulike habitatene. Dette fordi røya kan benytte forskjellige habitater avhengig av årstid samt at ulike alders- og størrelsesgrupper av røye innen en bestand (Borgstrøm & Hansen, 2000). Ideelt sett bør man fiske så mange garndøgn som mulig over hele sesongen for å få et best mulig bilde av populasjonen (Borgstrøm & Hansen, 2000). Imidlertid hadde vi bare tid til 4 netter med garnfiske.

For å fiske representativt på fiskebestanden i de ulike habitatene benyttet vi oss av garn med ulike maskevidder; 10 bunngarn (Nordic multimesh; garn av ulike maskestørrelsespaneler) + 9 garn i en Jensen-serie (Tabell 1), 2 flytegarn (multimesh) og 6 profundalgarn (multimesh). Panelene i Nordic multimesh *bunngarnene* var 250 cm langt og 150 cm høyt. Garnet var delt opp i 12 paneler. Panelene bestod av 5mm, 6,25mm, 8mm, 10mm, 12,5mm, 15,5mm, 19,5mm, 24mm, 29mm, 35mm, 43mm og 55mm. *Profundalgarnene* hadde 11 paneler, panelene var 260 cm i lengde og 155 cm i høyde. Panelene besto av 4mm, 6mm, 8mm, 10mm, 13mm, 16mm, 20mm, 24mm, 30mm, 38mm, 40mm og 55mm. *Flytegarnene* besto av åtte paneler, panelene var 480

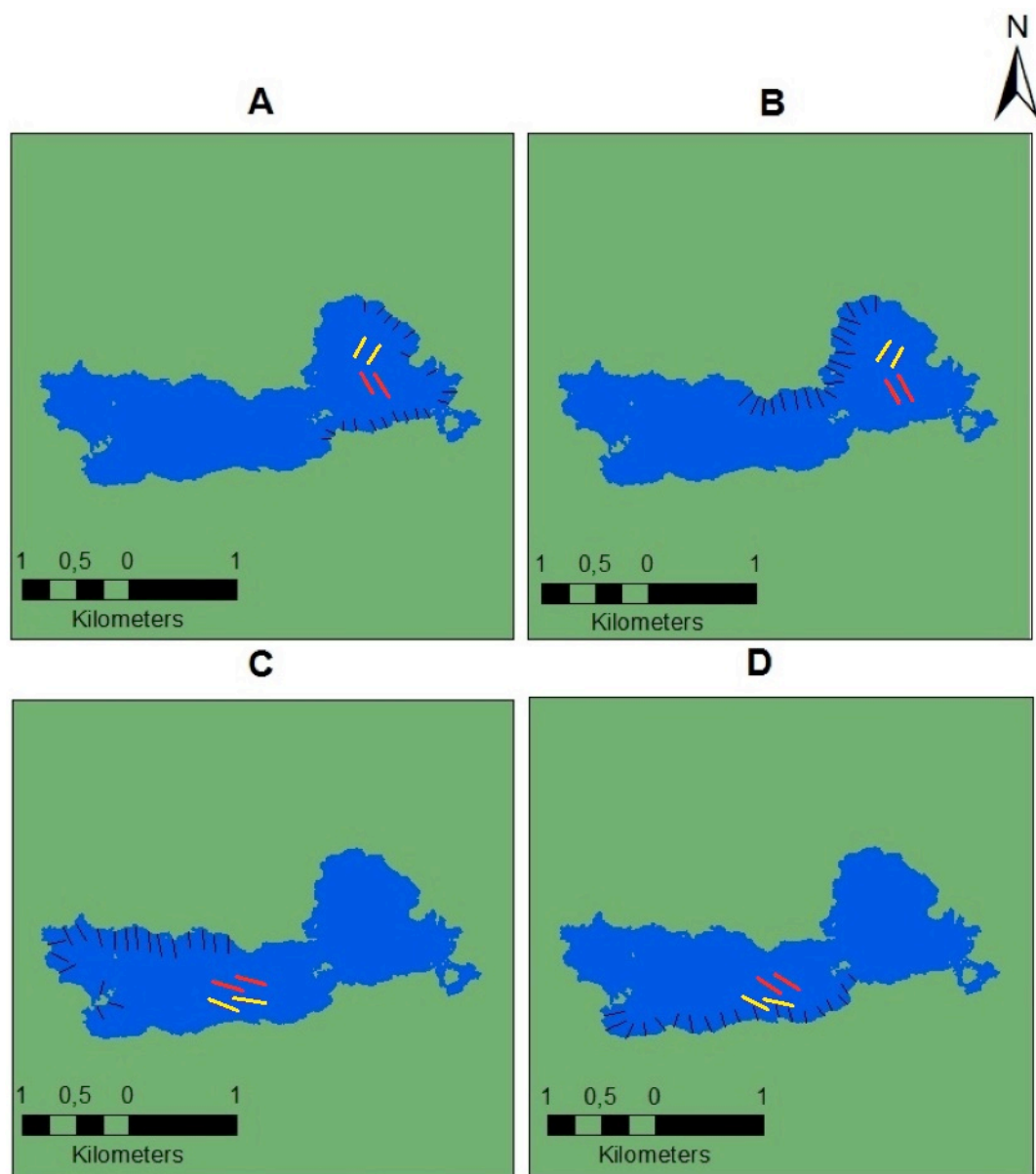
cm langt og 560 cm høyt. Maskevidden på panelene var 10mm, 13mm, 16mm, 20mm, 24mm, 26mm, 32mm og 46mm.

Tabell 1. Beskrivelse av garn benyttet i den utvidede Jensen-serien.

| Maskevidde (mm) | Bredde (cm) | Lengde (m) |
|-----------------|-------------|------------|
| 52 | 120 | 25 |
| 39 | 120 | 25 |
| 45 | 120 | 25 |
| 35 | 170 | 25 |
| 26 | 180 | 25 |
| 29 | 110 | 26 |
| 22,5 | 140 | 25 |
| 19,5 | 130 | 26 |
| 16,5 | 150 | 31 |

Bunngarn ble satt for å dekke littoralsonen vinkelrett fra land med minst 100 m avstand. Bunngarnene i littoralen lå på forskjellige plasser hver natt. Hvert garn ble festet med en line, som ble festet til land samt en flytedobbe på linen. Dybde ble notert i enden av garnene. I pelagialen ble det brukt 2 flytegarn som ble festet til 3 flytedobber (festet i endene og midten av garnet). Et lodd ble senket ned i hver ende. Dybde ble registrert ved start og slutt av garnet. Det ble brukt dybdemåler for å finne de dypeste punktene der profundalgarnene ble plassert. I profundalen ble det brukt 2 x 3 profundalgarn. For å senke garnet ble det montert lodd til de nedre garn endene, øvre del ble festet til et reip som ble montert til en flytedobbe. I tillegg ble det senket et reip med lodd 45 grader ut fra start posisjonen. Vannets dybde ble notert ved start og slutt av garnet. Beskrivelse av garnplassering for ulike garntyper er gitt i Figur 4.

For hvert av de fire døgnene vi fisket, hadde vi totalt 27 garn ute. Summert over hele perioden hadde vi en innsats på 128 garn-netter. Garnene ble satt ut mellom klokken 14-17 og tatt opp neste dag mellom kl. 08-12. Bunngarnene ble kjørt i land, der de ble rensket av Professor Kjartan Østbye, for så å bli satt ut igjen på ettermiddagen. Både de pelagiske og profundale garnene ble rensket ute i båten. Pelagiske og profundale garn stod på samme sted i 2 dager i hvert basseng.



Figur 3. Kart tilsendt fra Statenskartverk bearbejdet i ArcMap 10: Oversikt over hvor garnene ble satt ut, over felt perioden. (A) 08-09, aug., (B) 09-10 aug., (C) 10-11 aug. og (D) 11-12 aug. De svarte strekene illustrerer bunngarn, de røde strekene illustrerer flytegarn (pelagiske) og de gule strekene illustrerer profundalgarn.

2.4 Behandling av fisken i felt

Fisken ble merket med eget løpenummer, dato og hvilket garn den ble fanget i og deretter pakket i plastposer og lagt i kjølebag. Fisken ble brakt til forskningsstasjonen der den ble fryst. Fisken ble så brakt til Høyskolen i Hedmark, avdeling Evenstad liggende i isoporkasser med is, for deretter å bli fryst før videre prøvetaking.

2.5 Fotografering av røye for analyse av individuell form

Analysering og fotografering ble gjort på laboratoriet på Evenstad. Først startet jeg med å ta opp fisken fra fryseren og lot den tine i ca. to timer. Før fotografering var det viktig at fisken lå i en naturlig stilling og at det var tilstrekkelig med lys. Ekstra lys ble montert for å få vekk de mørke skyggene samt at formen på de ulike delene kom frem. Dette var spesielt viktig med tanke på hodet til fisken. Ved fisk av større størrelse, var det nødvendig med enda mer lys. Dette måtte testes opptil flere ganger. Bildene er avhengig av å bli bra siden fisken skulle dissekteres seinere. For og få rett fokus og stabilt bilde, ble det brukt et stativ. Stativet var montert til en kasse, sånn at linsen pekte nedover. I bunn av kassen var det lagt en isoporplate, dette gjorde det mulig å feste nåler ned i bunnen på kassen. Nålene ble stukket igjennom finnene og halen på fisken, dette ble gjort for å strekke ut og finne formen på fisken. Det ble også satt en nål for å markere hvor munnen startet. På de største fiskene var ikke nålene store nok til å treffe isoporen på baksiden av finnene. Derfor ble nålene i enkelte tilfeller satt igjennom finnene for deretter å bli festet til fisken. For og ha en indikator på størrelse ble det lagt en linjal (0-30 cm) ved siden av fisken. Forstørrelsen på kameraet som ble brukt varierte med størrelsen på fisken. Hver fisk ble i tillegg fotografert med en identifikasjons lapp, der dato, garn nummer/type og fiskens løpenummer kom tydelig frem. Kameraet som jeg brukte var et Nikon D5000 (Linse type: 18-55 mm 1:3.5-5.6G VR). Etter fotografering ble røyas total lengde målt og så ble vekten på røya målt med en AND ek-2000i vekt.

2.6 Behandling av bilder- digitalisering av fiskens form

Bildene av røya ble overført til en pc, der de ble lastet ned i en mappe, deretter åpnet i TPS (util). TPS pakken er gratis programmer som er utviklet av F. James Rohlf (<http://life.bio.sunysb.edu/ee/rohlf/software.html>). TPS (util) ble brukt til å lagre bildene i en tps- fil. Deretter ble et sett (23 stykk) med landemerker digitalisert på hver fisk, dette ble gjort i TPS (Dig2)(Figur 4). For mer detaljert beskrivelse for programmene se vedlegg 1. Totalt ble det satt 23 landemerker per fisk. Valg av 22 landemerker ble gjort basert på upubliserte undersøkelser på røye gjennomført av Rune Knudsen ved Universitetet i Tromsø. I tillegg valgte jeg et ekstra landemerke for å markere hodeformen mer detaljert (det landemerket som er plassert vinkelrett under øyet).



Figur 4. Illustrasjon av hvordan landmerkene ble satt. Hvert røde punkt er et landemerke.

Landemerker ble satt rundt hodet, nese, munn, øye, gjelle åpning, brystfinne, ryggfinne, bukfinne, gattfinne, fettfinne og halefinne (Figur 4). Det er viktig at landmerkene settes på punkter som kan settes med stor presisjon. Derfor settes ikke merkene på mage eller ytterst på finnene, dette vil være partier det er stor forskjell på og det er andre faktorer som spiller inn. Et godt landemerke er et merke du kan sette med 100% presisjon hver gang. Når jeg satte landemerker gjorde jeg det ved hjelp av en egendefinert mal. Vært landemerke har sitt nummer, dette gjør det lettere med å sette landmerkene på riktig plass. Bytter landmerkene plass vil dette påvirke utregningene og figurene i MorphoJ (1.05d)(Klingenberg, 2011)(se beskrivelse nedenfor). Skal landmerkene settes av flere personer, er det viktig at personene er enige om hvordan og hvor landmerkene settes. Når landmerkene ved øyet/hodeparti ble satt, benyttet jeg meg av et hjelpemiddel. Det ble brukt et gjennomskiktig plastark, der det hadde blitt laget et kryss ved hjelp av en markerings tusj. Arket ble lagt over pc skjermen, hensikten med dette var for å kunne bruke det skisserte korset opp mot de landmerkene rundt øyet. Krysset ble plassert i midten av øyet, dette ble gjort ved å justere zoomen inn mot øyet. Deretter ble landmerkene satt i diagonalene på øyet, dette ble gjort ved å følge linjene til krysset for så å sette de i kanten av øyet. Totalt ble det tatt bilder av 423 fisk. Kun 3 bilder/fisk ble fjernet fra datasettet, på grunn av deformasjon i ryggsoylen (vedlegg 3). Datasettet som ble benyttet til statistiske analyser bestod tilslutt av 420 fisk x 23 landemerker.

2.7 Statistiske analyser

I programmet MorpohJ (1.05d) importerte jeg TPS (Dig2) filen basert på landmerker. Prosessen er detaljert beskrevet i vedlegg 2. Først gjorde jeg en "outlier" analyse for å se på gjennomsnittlige plasseringene av de 23 landemerkene for hver fisk. Deretter gjorde jeg et procrustes fit for å se på plasseringen av 420 x 23 landemerker i forhold til gjennomsnittsplasseringen i hele datasettet (Vedlegg 5). Til slutt gjorde jeg en PCA analyse der PCA axis 1-3 ble brukt i de videre analysene siden de hver forklarte >10% av variansen. MorpohJ (1.05d) er et program som korrigerer for ulik størrelse mellom fiskene, men dette gjøres kun isometrisk. Dette betyr at allometriske trekk kan gjenvære. Derfor ble også fiskens lengde brukt som en kovariant i senere analyser. I JMP (SAS versjon) ble det utført ANCOVA med tilbakeseleksjon der PCA axis1-3 ble brukt som individuelle responsvariabler (y) og parameterne fiskelengde, kjønnsmodning (moden/umoden), kjønn (hann/hunn), innsjøbasseng (vestre/østre) og innsjøhabitat (littoralen/profundalen/pelagialen) som prediktorvariabler (x). En post hoc Tukey-Kramer HSD test ble brukt for å teste om de tre habitatene, de to kjønnene, kjønnsmodningsstadium eller de to bassengene var innbyrdes signifikant forskjellige når parameteren habitat var signifikant i hovedanalysen.

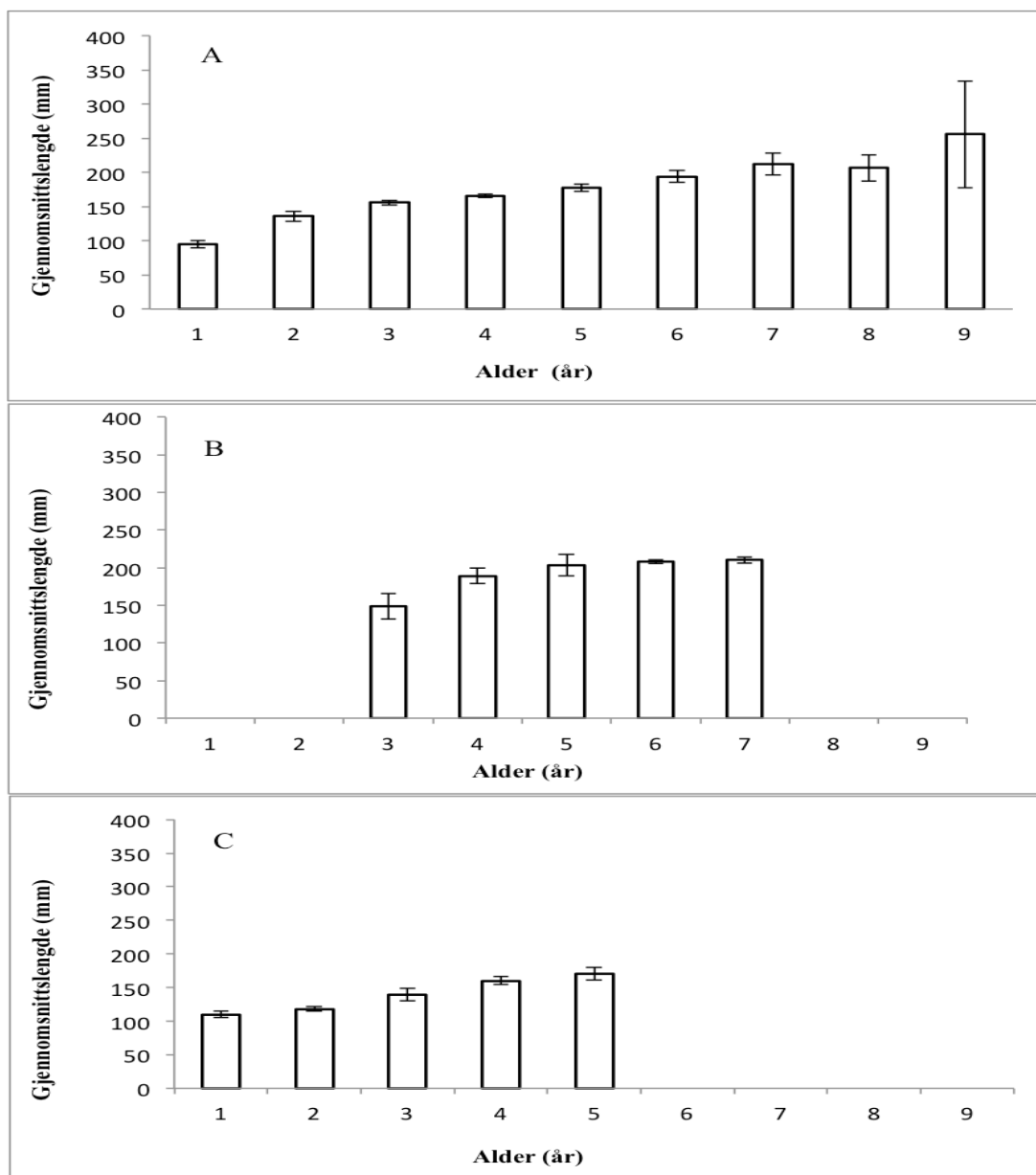
Gjennomsnittsvekt og gjennomsnittslengde (total lengde) ble utregnet i Excel (2010). Utregning av empirisk vekst (gjennomsnittslengde ved gitt alder) ble gjort i Excel (2010) for å visuelt å vurdere om det fantes ulike vekstmønstre hos røya i Finsevatn.

3. Resultater

Totalt ble det fanget 424 røyer på de ulike fangstnettene, fordelt i de 2 bassengene. Av de 424 fiskene ble kun fire tatt ut av datasettet. Her ble tre fisk tatt ut på grunn av deformasjon i ryggvirvelen (se vedlegg 3), mens en fisk manglet deler av hodet (sannsynligvis skadet garn). Datasettet mitt består derfor av 420 røyer analysert for 23 landemerker. Totalt ble det satt og overført 9 660 landemerker til MorpohJ (1.05d).

3.1 Vekt og lengde

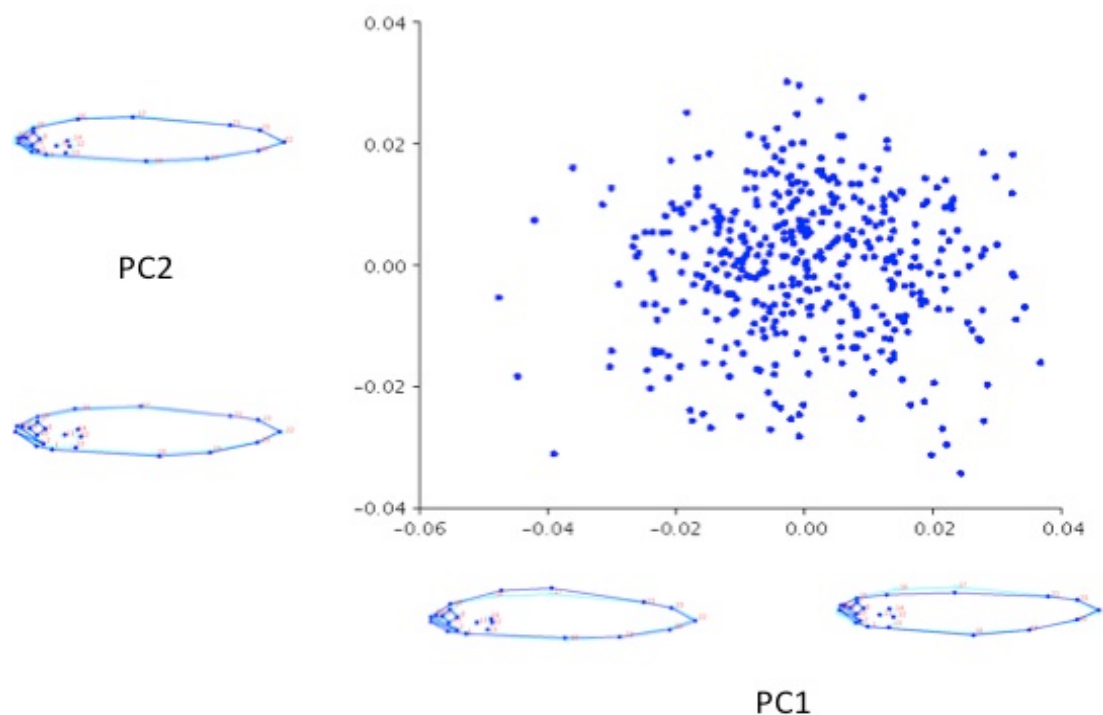
Røyas gjennomsnittsvekt var 44 gram, der den minste veide 5.2 gram og den største veide 1150 gram (kun 12 fisk var over 100 gram). Røyas gjennomsnittslengde var 16.6 cm, der den minste røya hadde en lengde på 9 cm, den største hadde en lengde på 44,6 cm. Totalt var 11.79% av fisken over 20 cm. Det var lite variasjon i vekstmønstre hos røya i Finsevatn basert på lengde ved gitt alder (Figur 6). Figuren viser også at røyas lengde stagnerer rundt 20 cm i lengde.



Figur 6. Empiriske vekst hos røya i Finsevatnet: (A) forklarer røye fanget i littoralen, (B) røye fanget i pelagialen og (C) røye fanget i profundalen. Standarfeil for gjennomsnittslengden er gitt for hver aldersgruppe.

3.2 Variasjon i kroppsform

I MorpohoJ forklarte PC1-3 ca. 25-12 % av variasjonen innen kroppsformen på røya i Finsevatnet, totalt ca. 45% forklart av de tre aksene (Figur 5). PC4 og utover forklarer minimalt av variasjonen. PC1 forklarer mest (24.5%) av variasjonen i kroppsformen, deretter PC2 (18.4%) og PC3 (12.0%).



Figur 5. Røyas form langs PC1 og PC2. Hvert punkt er en fisk og fiskefigurene representerer den maksimale forskjellen i formen ved røya i Finsevatn (PC1: -0.05 og 0.04. PC2: -0.04 og 0.03 (forstørret versjon av kroppsformene, se Vedlegg 4)).

Resultatene fra ANCOVA analysene i JMP viste at parameterne habitat og kjønn var signifikante for fiskens form langs PC1, (Tabell 2, 3). Her var imidlertid forklart varians liten ($R^2 = 0.024$). Her var profundal fanget fisk mer positive langs PC1 enn fisk fanget pelagialen og littoralen. En post hoc Tukey-Kramer HSD test viste at fisk i profundalen og littoralen var signifikant forskjellige i kroppsform ($P < 0.01$), men pelagialfanget fisk ikke var forskjellig fra fisk fanget i de to andre habitatene. Videre viste en post hoc Tukey-Kramer HSD test at hunnfisk var signifikant ($P < 0.01$) mer positive langs PC1 enn hannfisk.

For PC2 så var parameterne habitat, kjønn, basseng og kjønnsmodning signifikante, (Tabell 2, 3). Her var imidlertid forklart varians liten ($R^2 = 0.0194$). Resultatene viste at littoralfanget fisk var mer positive langs PC2 enn pelagial og profundalfanget fisk. Her viste en post hoc Tukey-Kramer HSD test at profundalfanget fisk var signifikant forskjellig fra de andre i kroppsform. Videre viste en post hoc Tukey-Kramer HSD test at hunnfisk var signifikant ($P < 0.01$) mer positive langs PC2 enn hannfisk. For basseng så var røye fanget i det østre basseng signifikant mer positive langs PC2 enn fisk fanget i det vestre bassenget basert på en post hoc Tukey-Kramer HSD ($P < 0.01$). Umoden røye var signifikant mer positive langs PC2 enn kjønnsmoden røye basert på en post hoc Tukey-Kramer HSD ($P < 0.01$).

For PC3 så var parameterne kjønn og lengde signifikante, (Tabell 2, 3). Her var imidlertid forklart varians liten ($R^2 = 0.046$). En post hoc Tukey-Kramer HSD test at hunnfisk var signifikant ($P < 0.01$) mer positive langs PC3 enn hannfisk. Større fisk var mer positive langs PC3 enn mindre fisk ($P < 0.01$).

Tabell 2. Analyse over kroppsform (PC1-3) basert på parameterne basseng, habitat, kjønn, modning og lengde.

| Test | Parameter | FG | SSQ | F | P |
|--|--------------|----|--------|-------|------------|
| Kroppsform (PC1) $R^2 = 0.046$ $P = 0.0002$ | Habitat | 2 | 0.0025 | 6.01 | 0.0027 |
| | Kjønn | 1 | 0.0015 | 7.35 | 0.0070 |
| Kroppsform (PC2) $R^2 = 0.0194$ $P < 0.0001$ | Habitat | 2 | 0.0029 | 12.78 | < 0.0001 |
| | Kjønn | 1 | 0.0066 | 59.01 | < 0.0001 |
| | Basseng | 1 | 0.0016 | 14.20 | < 0.0001 |
| | Modning | 1 | 0.0025 | 22.33 | < 0.0001 |
| Kroppsform (PC3) $R^2 = 0.0240$ $P = 0.0063$ | Kjønn | 1 | 0.0005 | 4.88 | 0.0278 |
| | Total lengde | 1 | 0.0006 | 5.88 | 0.0157 |

Tabell 3. Informasjon over krysningspunktene og de signifikante forskjellene mellom parameterne basert på analyse presentert i Tabell 2.

| Test | Parameter | Estimat \pm SE | P |
|------------------|--------------------|----------------------|--------|
| Kroppsform (PC1) | Krysningspunkt | 0.0020 \pm 0.0011 | 0.0790 |
| | Habitat[Littoral] | -0.0030 \pm 0.0012 | 0.0134 |
| | Habitat[Pelagisk] | -0.0003 \pm 0.0019 | 0.8633 |
| | Habitat[Profundal] | 0.0033 \pm 0.0015 | 0.0240 |
| | Kjønn [k] | 0.0019 \pm 0.0007 | 0.0070 |
| | Kjønn [m] | -0.0019 \pm 0.0007 | 0.0070 |
| Kroppsform (PC2) | Krysningspunkt | 0.0003 \pm 0.0008 | 0.6844 |
| | Habitat[Littoral] | 0.0016 \pm 0.0009 | 0.0682 |
| | Habitat[Pelagisk] | 0.0035 \pm 0.0014 | 0.0147 |
| | Habitat[Profundal] | -0.0052 \pm 0.0011 | <0.001 |
| | Kjønn[k] | 0.0040 \pm 0.0005 | <0.001 |
| | Kjønn[m] | -0.0040 \pm 0.0005 | <0.001 |
| | Basseng[1] | 0.0020 \pm 0.0005 | <0.001 |
| | Basseng[2] | -0.0020 \pm 0.0005 | <0.001 |
| | Modning[ja] | -0.0026 \pm 0.0005 | <0.001 |
| | Modning[Nei] | 0.0026 \pm 0.0005 | <0.001 |
| Kroppsform (PC3) | Krysningspunkt | -0.0057 \pm 0.0025 | 0.0214 |
| | Kjønn[k] | 0.0011 \pm 0.0005 | 0.0277 |
| | Kjønn[m] | -0.0011 \pm 0.0005 | 0.0277 |
| | Total lengde | 0.0000 \pm 0.0001 | 0.0157 |

4. Diskusjon

Basert på mine undersøkelser ser det ut at det bare finnes en morf av røya i Finsevatnet. Jeg fant ut at røyas kroppsform i Finsevatnet var variabel i forhold til PC1-3. Kroppsformen til røya viste seg å ha liten variasjon i de ulike habitatene og bassengene. Parameterne lengde, kjønn og kjønnsmodning forklarte lite av variasjonen innen kroppsform. Imidlertid skal man være forsiktig med å tolke resultatene på kroppsformen siden den forklart varians (R^2) var liten. Det bør derfor undersøkes hvilke parametere som kan forklare variasjonen i kroppsformen bedre. Basert på mine resultater mener jeg derfor at det ikke bør lages noen særegen forvaltningsplan for røya i Finsevatnet som baserer seg på at det finnes ulike morfer.

4.1 Er det mulig å statistisk teste og kategorisere røya i Finsevatn ved hjelp av fiskens form?

Mine resultater viser at det er mulig å statistisk teste og kategorisere røya i Finsevatnet ved hjelp av røyas form. Basert på landmerke undersøkelsene mine er det ikke grunn til å tro at det finnes flere morfer av røya i Finsevatnet. PC1-3 er alle tilnærmet normalfordelte, dette tilsier at det kun en fenotypisk gruppe av røye i Finsevatnet. I et vann vil en gruppe av røye aldri bli helt like, det vil være noe variasjon i utseende mellom individene grunnet for eksempel fenotypisk plastisitet (Figur 5). Det er i midlertidig umulig å skille mellom genetisk og fenotypisk basis for røyas form i min undersøkelse. Til dette trengs et "common garden" eksperiment.

4.2 Vil fiskens form være forskjellig basert på hvilket habitat den er fanget i (pelagialen, profundalen, littoralen)?

Habitat kunne bare forklare variasjonen innen PC1 og PC2. Resultatet viser at formen til røya er lik i littoralen, pelagialen og profundalen. Det er vanlig at fisk i ulike aldersstadier lever i ulike habitater (Moe, 2011), men det finnes også forskning som tyder på at ulike morfologiske grupper av røya kan leve hele sitt liv i ulike soner av vannet, der den har utviklet seg til å kunne leve etter forholdene (Sandlund *et al.* 1992; Knudsen *et al.* 2006). Tidligere forskning viser at hodeformen kan endre seg etter hva røya spiser og hvilket habitat de foretrekker (Gardner *et al.* 1988). Det er ikke mulig at det finnes ulike morfer av røye i Finsevatn, selv om mine resultater ikke støtter dette. Finsevatnet er stort og det er mange ulike habitater der fisken kan skjule seg i. Det kan være nisjer i vannet der vi ikke har fisket der det kan være andre

morfologiske varianter av røye. Vi valgte å dele opp sjøen i tre habitat (littoralen, pelagialen og profundalen), noen som kan være et forenklet bilde av nisjene i et vann.

4.3 Er fiskens lengde og kjønnsmodning med på å forklare variasjon i form?

Utfra den empiriske veksten (Se fig. 7) var vekstforløpet likt i alle innsjøhabitatene. Lengde forklarte relativt lite av variansen innen formen på fisken, kun for PC3 (Se tabell 2 og 3). Dette viser at fisken fra Finsevatnet har samme form selv om den opptrer i ulike lengder (dvs. den viser et isometrisk forhold mellom lengde og form). Tidligere studier viser at det kan være forskjellige størrelser på ulike røye morfer etter hvor de lever (Klemetsen, 2010; Snorrason *et al.* 1994). Det de spiser og lever av er viktig for hvordan de vokser, for eksempel vil en predator utvikle seg til å bli større for å kunne spise fisk (Snorrason *et al.* 1994). På Svalbard blir det regnet at røya må nå en lengde på 20 cm for å kunne bli en fiskespiser/ predator (Svenning, 2010). Vi fikk minimalt med fisk som oppnådde 20 cm, derfor blir resultatet skjevt fordelt med hensyn til de store fiskene, da det var et stort overtall av fisk i mindre røye.

Kjønnsmodning forklarte relativt lite av variasjonen i formen til røya fra Finsevatnet, kun for PC2. Dette tyder på at moden og umoden fisk ikke har forskjellig form i Finsevatnet. Dette støttes også av resultatene fra forholdet mellom lengde og form.

4.4 Vil det være variasjon i form mellom hann og- hunnfisken?

Kjønn er den eneste parameteren som visste seg å være signifikant i PC1-3. Det er kjent at kjønnsdimorfisme (forskjell på hunn- og hannkjønn) er vanlig hos fisk. Dette er vanlig hos stingsild (*Gasterosteus aculeatus* L.)(Coper, Gilman & Boughman, 2011). Det er også gjort morfologiske undersøkelser som viser at kjønnsdimorfisme er viktig for å forklare den morfologiske variasjonen innen bekkerøye (Prolux & Magnan 2004). Dette kan bety at hunn og hannfisk har ulik genetisk basis for form eller at de preferer ulikt føde som gjenspeiler seg ved fenotypisk plastisitet.

4.5 Er det forskjell i røyas form i de to hovedbassengene som utgjør Finsevatn?

Basseng kunne bare forklare variasjonen innen PC2. Utfra mine resultater opptrer den samme morfen i begge bassengene og det finnes ingen grupper av individer som skiller seg ut fra det ene bassenget til det andre. Dette kan være et tegn på at

bassengene er veldig like med hensyn til miljø i habitatene. Det er ikke uvanlig at røye som lever under varierte miljøer/vann er ulike (Kotelatt & Freyhof, 2007). Manipulering av miljø for å undersøke fenotypisk plastisitet har blitt gjort på stingsild (*Gasterosteidae*)(Svanbäck & Schluter, 2012). Her ble det fanget stingsild for så å sette de ut i ulike manipulerede habitater. Stingsilden tilvente seg miljøene og begynte forme seg forskjellig ettersom forholdene de ble gitt. Dette tyder på at fisk med stor fenotypisk plastisitet kan endre seg i form etter hvilke forhold de blir gitt (Svanbäck & Schluter, 2012). Røye er art som har stor fenotypisk plastisitet (Klemetsen *et al.* 2003). Det er derfor ikke utenkelig at røya også kan respondere med å utvikle formen etter hvilket miljø den blir gitt, men er miljø forholdene like vil det ikke bli noen endring i formen. Et studie av Michaud *et al.* (2008) viste at formen til røya endret seg i kroppsform etter kun 6 generasjoner (25 år) når den ble flyttet til et nytt vann. Røya i Finsevatnet er opprinnelig en normalmorf fra Tinnsjøen, teoretisk sett skal røya hatt 4 ganger så lang tid til å endre seg i kroppsformen enn den røya som ble undersøkt av Michaud *et al.* (2008). Ulike tenkte scenarioer kan forklare dette; (1.) Ikke nok genetisk materiale til å kunne endre form i de få individene som ble satt ut, (2.) det har ikke vært lang nok tid til å tilpasse seg de tre ulike habitatene i Finsevatnet, (3.) det har ikke vært behov for å endre seg, de er generalister (de er tilpasset livet Finsevatnet, lite rom for nisje spesialisering med tanke på morfologi).

4.6 Alternative metoder for å undersøke morfologi

Det finnes også andre metoder enn landemerke-analyser for å undersøke morfologi. Jeg har kun sett på form og et sett av parameter for å forklare variasjonen innen formen hos røya. Andre undersøkelser er mer omfattende der de går mer detaljert inn på flere fenotypiske trekk. Form kan for eksempel bli delt opp der de tar for seg hele formen for deretter og se på enkelt deler som hodet og et utvalg av finner, der det også benyttes genetikk (Arbour *et al.* 2011). En annen metode som blir brukt er å undersøke antall gjellestaver på røya (Michaud *et al.* 2008; Sandlund *et al.* 1992; Snorrason *et al.* 1994). Kotelatt & Freyhof (2007) har i sin bok beskrevet ulike farger på de ulike morfene av røye. Jeg brukte ikke ulike farge trekk, dette ble prøvd i felt, men dette ble vurdert til å være for vanskelig når fisken må være fersk for å bevare fargene. Jeg prøvde å se på de ulike fargene på laboratoriet på Evenstad, men fargen på fisken hadde endret seg etter oppholdet i fryseren. Selv om det finnes andre alternativ metoder for å undersøke morfologi, vil jeg forvent at jeg hadde funnet ulike

morfer basert på at jeg satt landemerker på 420 fisk om det hadde vært ulike morfer av røye i Finsevatnet.

4.7 Metodiske betraktninger – feilkilder og usikkerhet

Aktiviteten til de ulike størrelsesklassene av røye kan variere mye over sesongen. Derfor bør et prøvefiske gjennomføres med flere netters fiske, gjerne i mer enn en periode i sesongen, og slik at hele sjøen dekkes hver gang (Borgstrøm & Hansen, 2000). Vi fisket bare i en periode, men vi brukte fire dager og fikk fisket i store deler av littoralen, men vi fisket i mindre deler av profundalen og pelagialen. Dette resulterte i 424 fisk, men vi fikk få fisk over 100 gram. Jeg mener at vi hadde god nok dekningsgrad og påstår derfor at det finnes minimalt med predatorrøyer igjen i Finsevatnet. For å styrke denne teorien burde vi prøvefisket i flere omganger og flere habitater for at vi ikke skulle utelukke noen av størrelsesklassene og for å dekke ulike aktivitetsmønstre.

Vi kunne også benyttet oss av andre fiskemetoder i tillegg til garnene. Garn fanger bra, men kan fungere dårlig i områder der grunnen består av stein (egne observasjoner). Vi kunne satt krokkliner med død fisk for å lokke og fange predatoren. Vi kunne også fisket med små kroker for å fange de minste røyene som lever mellom steinene. Tidligere forskning viser at det finnes morfer som lever nært land og lever i skjul mellom steinene (Klemetsen, 2010). Nyman (1987) reiste rundt i ulike vann der livsgrunnlaget for fisk var minimalt, men det var påstått at det levde røye der. Han beskriver vannene som grunne og nesten bunnfryste om vinteren, men allikevel fant han røye i noen av vannene. Nyman (1987), beskriver fangstmetoden med at det ble brukt veldig små krokstørrelser for å få røya.

Det mest ideelle ville vært å gjort alle undersøkelsene ute i felt, men tidsmessig hadde dette vært umulig. Vi var 2 som trakk og la ut garn, mens en stod på land å behandlet fisken. Arbeidsdagen startet rundt 07:00 og endte sjeldent før 20:00. Dette førte til at vi ikke fikk tid til og analyser fisken når den var som ferskest. Fisken ble fryst og fraktet videre til laboratoriet på Evenstad. Skulle vi gjort testene ute i felt måtte vi hatt et større mannskap eller flere dager og mindre garn. Under fotografering og analysing ble det derfor brukt fryst fisk, noe som gjorde fisken vanskeligere å jobbe med. Fisken ble tint, hvor godt den ble tint varierte med størrelse. Problemet med

dette var å få fiskene i sin naturlig form før de skulle fotograferes. En fisk som ikke ligger i sin naturlige form vil kunne gi lav presisjon for hvor landemerkene ble satt. Derfor ville det mest ideelle vært å gjort dette når fisken var i en fersk tilstand.

Presisjonen på landemerke settingen i TPS (Dig2) kan påvirke resultatet ved at landemerkene har blitt satt forskjellig ved enkelte tilfeller. Dette ville gitt stor utslag om datasettet hadde bestått av mindre observasjoner. I min oppgave vil denne faktoren ha mindre effekt siden det er mange observasjoner i datasettet mitt. Jeg vurderer presisjonen min som tilfredsstillende se Vedlegg 5. I midlertid vil det være vanskelig og skille mellom naturlig variasjon i et gitt landemerke og mellom min presisjon på landemerke settingen. Derfor bør et sett av landemerker settes på de samme fiskene to ganger, for å måle den virkelige presisjonen.

4.8 Forvaltningsmessig vurderinger

Jeg mener at det er gjort for lite forskning for å evaluere hva en røyemorf er, hvordan røyemorfer oppstår seg, hvilke røyemorfer vi har i Norge, og hvordan disse skal forvaltes. Derfor bør det settes i gang flere prosjekt med ulike aktør og opplyse flere bachelor og masterstudenter om mulige relevante oppgaver. Forvaltningsmessig ser det ut at det er utilstrekkelig med data til å vurdere spesifikke planer for røyemorfer nasjonalt. Det bør derfor gjøres et grundig forskningsarbeid relatert til disse spørsmålene.

5. Referanser

- Amundsen, P.-A. (1994). Piscivory and cannibalism in Arctic charr. *Journal of Fish Biology*, 45, 181-189.
- Andreassen, G. (2001). *Røye*. Oslo: Naturforlaget.
- Arbour, J. H., Hardie, D. C. & Hutchings, J. A. Morphometric and genetic analyses of two sympatric morphs of Arctic char (*Salvelinus alpinus*) in the Canadian High Arctic. (2011). Morphometric and genetic analyses of two sympatric morphs of Arctic char (*Salvelinus alpinus*) in the Canadian High Arctic. *Canadian Journal of Zoology*, 89 (1), 19-30.
- Borgstrøm, R., & Hansen, L. P. (2000). *Fisk i ferskvann. Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning*. Oslo: Landbruksforlaget.
- Cooper I. A., Gilman R. T. & Boughman J. W. (2011). Sexual dimorphism and speciation on two ecological coins: patterns from nature and theoretical predictions. *Evolution* 65 (9), 2553-2571.
- Drageset, A-T. (2001) *Flomberegning for Drammenselva*. (Norges Vassdrags- og energidirektorat rapport 8, 2001). Lokalisert på <http://www.nve.no/PageFiles/5060/Flomberegning%20for%20Drammenselva%20for%20forvaltning.pdf>
- Flå, L. R. (1993). *Habitatbruk og diett hos aure Salmo trutta L, og røye Salvelinus alpinus (L.) i Tinnsjø*. (Upublisert masteroppgave). Hovedoppgave ved institutt for biologi og naturforvaltning, [N. L. H], Ås.
- Gardner A. S., Walker A. F. & Greer R. B. (1988). Morphometric analysis of two ecologically distinct forms of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), in Loch Rannoch, Scotland. *Journal of Fish Biology*, 32 (6), 901-910.
- Holbrook, S. J. & Schmitt, R. J. (1992). Causes and consequences of dietary in surfperches: Patch choice and intraspecific competition. *Ecology*, 73 (2), 402-412.
- Huitfeldt- Kaas, H. (1928). Nogen advarende ord om røien: foredrag av Hartvig Huitfeldt- Kaas på årsmøte 1ste mars 1928.
- Høiland K., Schumacher T., Steen H., Sømme L., Vøllestad A., Wielgolaski F. E. & Eivind Østbye. (2005). Høyfjellsøkologi. I *Biologisk mangfold: BIO 1110* : kompendium samling. Forskingsstasjonen, Finse

- Janhunen M., Peuhkuri N. & Piironen. (2008). Morphological variability among three geographically distinct Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L) populations reared in a common hatchery environment. *Ecology of Freshwater Fish*, 18 (1), 106-116.
- Jansen. P. A, Finstad. A. G & Langeland. A (2002) The Relevance of Individual Size to Management of Arctic Charr, *Salvelinus Alpinus*, Populations. *Environmental biology of Fishes*, 64 (1-3), 313-320.
- Jensen, K. W. & Aass P. (1965). *Utbygging og regulering av Uste - Hallingdalsvassdraget, virkninger på fisket*. Ås.
- Kapralova K. H., Morrissey M. B., Kristjánsson B. K., Olafsdóttir G. À., Snorrason S. S. & Ferguson M. M. (2011) Evolution of adaptive diversity and genetic connectivity in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in Iceland. *Heredity*, 106 (3), 472-487.
- Klemetsen, A., Amundsen P.-A., Dempson J. B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M. F. & Mortensen E. (2003). Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L): a review of aspects of their life histories. *Ecology of Freshwater Fish*, 12 (1), 1-59.
- Klemetsen, A. (2010). The charr problem revisited: exceptional phenotypic plasticity promotes ecological speciation in postglacial lakes. *Freshwater Reviews*. 3 (1), 49-74.
- Klingenberg, C. P. (2011). MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources*, 11(2), 353-357.
- Knudsen, R., Klemetsen A., Amundsen P.-A. & Hermansen B. (2006). Incipient speciation through niche expansion: an example from the Arctic charr in a subarctic lake. *The Royal Society*, 22 (1599), 2291-2298.
- Knudsen R., Klemetsen A. & Staldvik F. (1996). Parasites as indicator of individual feeding specialization in Arctic charr during winter in northern Norway. *Journal of Fish Biology*, 48 (6), 1256-1265.
- Kottelat, M. & Freyhof, J. (2007). *Handbook of European Freshwater Fishes*. Switzerland: Imprimerie du Démocrate SA, Delémont, Switzerland
- Langeland, A., J. H. L'Abée-Lund, B. Jonsson & N. Jonsson (1991). " Resource partitioning and niche shift in Arctic charr *Salvelinus alpinus* and brown trout *Salmo trutta*". *Journal of Animal Ecology*, 60 (3), 895-912.
- Maruschak, N., Larose, C., Paquet, S., Beaulne, J., Maury-Brachet, R., Lucotte, M., Nedjai, R. & Ferrari, C. P. (2011). Mercury and methylmercury concentrations

- in high altitude and fish (Arctic charr) from the French Alps related to watershed characteristics. *Science of The Total Environment*, 409 (10), 1909-1915.
- Mayr, E. (1963). *Animal Species and Evolution*. Cambridge: Belknap Press, Harvard University Press.
- Michaud, W. K., Power M. & Kinnison M. T. (2008). Trophically mediated divergence of the Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) populations in contemporary time. *Evolutionary Ecology Research*, 10: 1051-1066.
- Moe, A. A. (2011). *Næringsøkologi og ontogenetisk nisjeskift hos ørret og røye*. Universitetet i Tromsø, Tromsø.
- NIVA Rapport LNR 5535. (2008). *Resipientssituasjonen i Finsevatn 2007. Vurdering av behovet for rensetiltak*. 1-38 sider.
- Nyman, L. (1987). High, old and small: the dwarfs of "chardom". *International Society of Arctic Char Fanatics information Series* 4: 107-112.
- Prolux, R. & Magnan P. (2004). Contribution of phenotypic plasticity and heredity to the trophic polymorphism of lacustrine brook charr (*Salvelinus fontinalis* M.). *Evolutionary Ecology Research*, 6 (4), 503-522.
- Reist J. D., Power M. & Dempson B. J. (2013). Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). a case study of the importance of the understanding biodiversity and taxonomic issues in northern fishes. *Biodiversity*, 14 (1), 45-56.
- Sandlund O. T., Gunnarsson K., Jónasson P. M., Jonsson B., Lindem T., Magnússon K. P., Malmquist H. J., Sigurjónsdóttir H., Skúlason S. & Snorrason S. S. (1992). The arctic char *Salvelinus alpinus* in Thingvallavatn. *Oikos*, 64 (1/2), 305-351.
- Skúlason, S. & Smith T. B. (1995). Resource polymorphism in vertebrates. *Trends in Ecology and Evolution*, 10 (9), 366-370.
- Snorrason, Sigurdur S., Skúlason S., Jonsson B., Malmquist H. J., Jónasson P. M., Sandlund O. T. & Lindem T. (1994). Trophic specialization in Arctic charr *Salvelinus alpinus* (Pisces; Salmonidae): morphological divergence and ontogenetic niche shifts. *Biological Journal of the Linnean Society*, 52 (1), 1-18.
- Svanbäck R. & Schluter D. (2012). Niche specialization influences adaptive phenotypic plasticity in the threespine stickleback. *The American naturalist*, 180 (1), 50-59.

- Svenning, M-A. 2010. *Kannibal- og sjørøyebestander på Svalbard; unike genetiske røyeformer med spesielle forvaltningskrav?* NINA minirapport nr 297. 14 s
- Sægrov, H. (2000). Utfisking og fiskeundersøkinger i Vangsvatnet i 1998-99 (pp. 1-18).
- Werner E. E. & D. J. Hall. (1988). Ontogenetic habitat shifts in Bluegill: The Foraging rate-predation risk trade-off. *Ecology*, 69 (5), 1352-1366.

Vedlegg

Vedlegg 1.

Brukermanual for bildebehandlingsprogrammene TPS:

TPS-util: Først åpnes programmet, deretter trykket jeg på *Build tps files from images* (programmene er engelske, derfor engelsk tekst). Når dette ble gjort fikk jeg opp *Input*. Da kan du åpne den mappen med de bildene du vil bruke. Trykket deretter på et av bildene, det holdt med å trykke på et bilde, det trengtes ikke å merke alle sammen (hele bildefilen, dvs. alle bildene vil da automatisk bli prosessert). Når dette var gjort huket jeg av for *output*. Det siste som ble gjort var å trykke på *create*. Dette må gjøres for å få gjort om mappen til tps filer. Filene ble lagret i en mappe med et gjenkjennelig navn. Under prosessen ble bildene dobbelt lagret. Derfor måtte jeg inn å fjerne merkesettingen på annenvært bilde. Dette gjøres ved å se på listen som kommer opp, og deretter krysse ut de bildene du ikke vil ha med.

Bildene må gjøres om til TPS- filer for at vi kan digitalisere bildene i TPS- Dig2.

TPS- Dig2: Jeg startet med å gå inn på *File*, på verktøy linjen. Deretter trykket jeg på *Input source*. Her la jeg inn den TPS- filen som jeg lagde i TPS-util. Bildene vil komme automatisk opp etter at du har åpnet den lagrede filen. Om objektet som skal undersøkes ikke kommer til syne, må zoomen justeres. Dette gjøres ved å endre zoomen på verktøy linjen, eller koble til sånn at scrollen på pc-musen kan benyttes. Neste steg var å gå inn på verktøylinjen, for så å gå inn på *Options*. Inne på *Options* huket jeg av for *Label landmarks*, *Template mode* og *Muse scroll* (sjekke opp muse zoomen). For å kunne sette landemerkene trykket jeg på et symbol som ser ut som et sikte, dette symbolet ligger under hovedverktøylinjen. Om det er ønskelig å legge inn ekstra informasjon om hver enkelt fisk, så gjøres dette ved å gå inn på *Options*, for så å gå inn på *Speciman information*. Når jeg trykket på *Speciman information*, kom det opp en boks. I boksen la jeg inn bilde nummer og fiskens nummer i *ID* kolonnen. Det kan også legges til kommentarer (deformasjon osv.) i *comments* kolonnen.

For å lagre arbeidet gikk ei inn på *File*, trykket på *Save data as* og godjente *Overwrite data*. Dette ble gjort etter hver femte fisk. For å gå til neste fisk trykket jeg på en rødpil som ligger under hovedmenyen. Landemerkene fra forrige fisk ble videreført automatisk til neste fisk. Om dette ikke skjedde, måtte jeg gå tilbake til forrige fisk for så å gå inn på *Options* og huke av for *Label landmarks*. En annen metode er å flytte

hver enkelt landemerke, men dette krever at hvert merke med sitt nummer blir satt på nøyaktig samme sted. Jeg benyttet meg heller av å bruke de tidligere merkene, og heller finjustere merkene. Ved min metode får du en mulighet til å flytte alle merkene (stor forskjell hvor merkene havner siden det er forskjell på størrelse eller plassering på fisken). Dette gjøres ved å føre mus-markøren over et av landemerkene og vente til et tegn som viser piler i alle retninger. Her var det viktig å ikke trykke på noe annet på arbeidsområdet (bilde), for da vil merkene bli liggende og hvert enkelt merke må derfor flyttes enkeltvis. Fordelen med å flytte alle merkene på en og samme gang, var at da kunne merkene settes i nærheten av det området de skulle posisjoneres. Når jeg var ferdig med å sette alle landemerkene, lagret jeg datamaterialet i en mappe.

Vedlegg 2.

Brukermanual for MorphoJ (1.05d):

Start med å åpne *File*, deretter *Create New Project*. Da vil det komme opp en ny boks. Her velger du hvilken fil type du vil bruke, jeg huket av for *TPS*. Deretter fant jeg den TPS-filen som jeg ville undersøke samt navngi prosjektet, dette gjorde jeg i den tekstboksen som er øverst i boksen. Da vil MorphoJ rapportere at filen er lest.

Deretter gikk jeg inn på *Project Tree*, som ligger under hovedverktøylinjen. Her markerte jeg det nye prosjektet. Så gikk jeg inn på *Preliminaries*, for å huke av for *Find Outliers*. Da kommer det opp et diagram som viser gjennomsnittlig hvor landemerkene ligger. Nederst til venstre står det en liste over de objektene som er inkludert (*Included*). Her kan objekter fjernes ved å markere objektet for så å trykke på *Exclude*. Det vil være lurt å se gjennom hele listen, det vil raskt oppdages om noen av landemerkene har byttet plass. I så fall vill dette gi feil i seinere analysene.

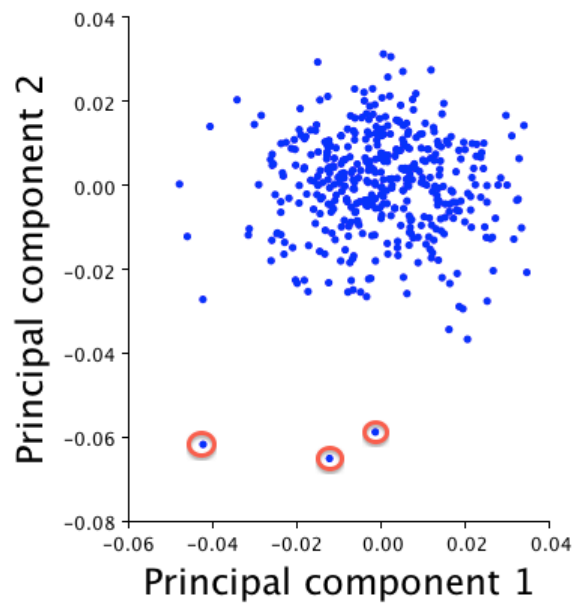
Deretter gikk jeg inn på *Preliminaries* for å huke av for *New Procrustes Fit*. Da vil det komme opp en boks. Her markerte jeg for *Align by principal axes* og trykket på *Perform Procrustes Fit*. Da kommer det opp en graf som forklarer hvor hvert landemerke ligger i forhold til gjennomsnittet. Etter det gikk jeg inn på *Preliminaries* og huket av for *Create or Edit Wireframe*. Da vil du få muligheten til å sette en strek mellom landemerkene for å skape en form. Dette gjøres ved å trykke på et av landemerkene, sånn at det skifter farge fra blått til grønt. Når det er grønt, kan du trykke på det neste landemerke. Da vil en strek oppstå mellom dem, dette gjøres helt til formen er ferdig og du avslutter med å trykke på *Accept*. Neste steg er å gå inn på *Preliminaries* og huke av for *Generate Covariance Matrices*. Da vil det komme opp en boks der du velger hvilke data du vil bruke, for så å trykke på *Execute*.

Det neste jeg gjorde var å gå inn på *Variation* for så å huke av for *Principal Component Analysis*. Etter dette vil *PC shape changes*, *Eigenvalues* og *PC scores* komme opp. På *PC scores* er det viktig å undersøke uteliggerne dine, ved å høyre klikke på punktene kan du velge *Label Data Points*. Vært punkt er et individ. Ved å gå tilbake til TPS-dig, kan du studere de individene og se om det er noen synlig defekt på individet. I *PC Shape changes* kan du høyre klikke på grafen og huke av for

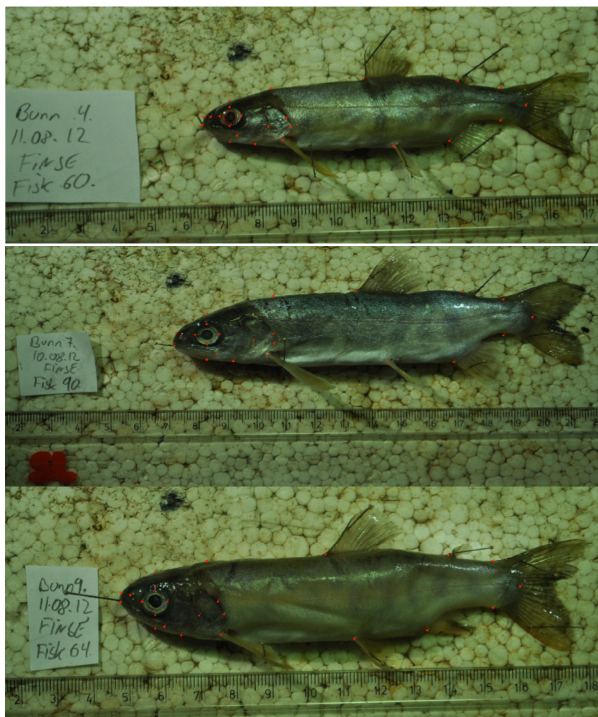
Change the Type of Graph samt huke av for *Wireframe Graph*. Da vil omrisset av PC1 komme opp. For å endre PC1 til de andre PC komponentene, er det bare å høyre klikke på grafen og huke av for *Choose PC to Display*. For å endre skalaen på grafen, må du høyre klikke på grafen og huke av for *Set Scale Factor*.

Vedlegg 3.

Vurdering av uteliggere



PC1 vs PC2. De 3 plottene (individene) som er markert med rød ring, ble fjernet ut fra datasettet mitt. De 3 plottene ble navngitt ved å trykke Label Data Points i MorphoJ (1.05d). Ved å gå tilbake til TPS-Dig2 fikk jeg se at disse hadde en deformasjon. Tydelig at fiskene mangler ryggvirvler.



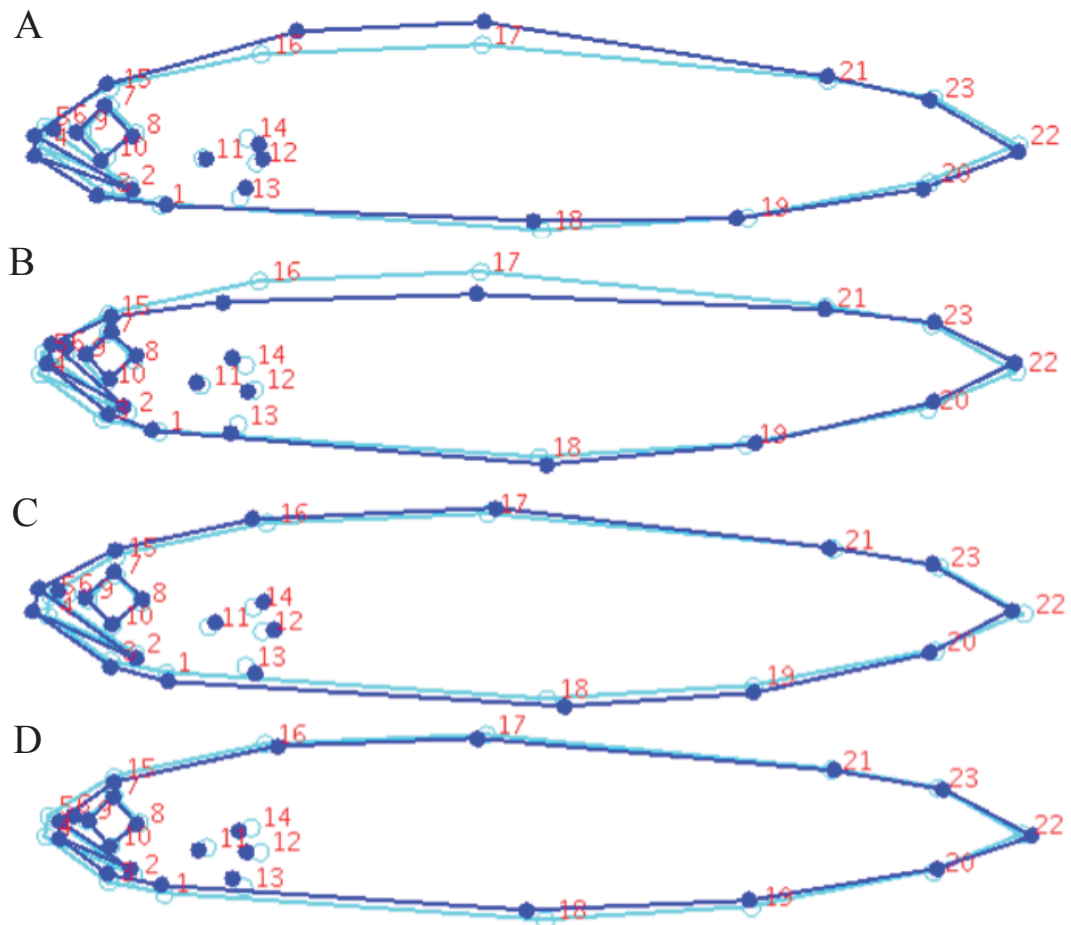
Bilde Nr 10 Fisk nr. 60.

Bilde Nr 68 Fisk nr. 90.

Bilde Nr 29 Fisk nr. 64.

Vedlegg 4.

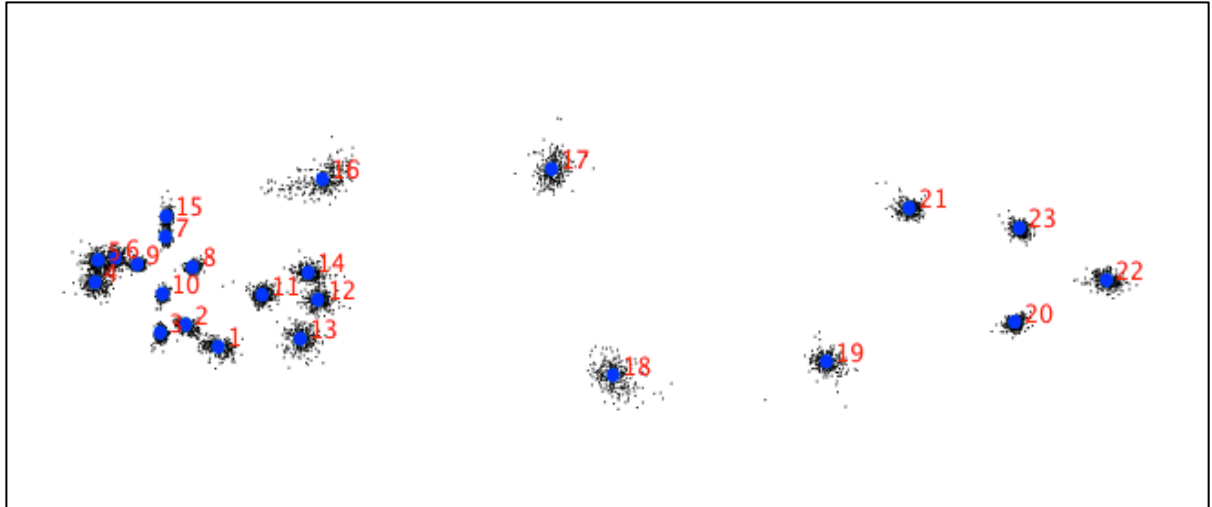
Variasjon i kroppsform



Figurene er forstørret versjon av kroppsformen som vises i Figur 5. Lyseblå linje viser den gjennomsnittlige kroppsformen, mens mørke blå viser: (A) kroppsformen ved PC1-0.05, (B) Kroppsformen ved PC1 0.04, (C) kroppsformen ved PC2 -0.04 og (D) kroppsformen ved PC2 0.03.

Vedlegg 5.

Presisjon i setting av landemerker



Figuren forklarer nøyaktigheten i hvordan landemerkene av 420 fisk er satt på en og samme form. Korset mellom øyet (7-10) viser veldig god presisjon grunnet bruk av hjelpemiddel (overhead ark med kryss), de andre er satt på frihånd.